



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Bæredygtighedsparadokset

Sørensen, Nils Lykke; Øien, Turid Borgestrand; Skjöld, Simon; Frandsen, Anne Kathrine; Beim, Anne

*Publication date:*  
2018

*Document Version*  
Anden version

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Sørensen, N. L., Øien, T. B., Skjöld, S., Frandsen, A. K., & Beim, A. (2018). *Bæredygtighedsparadokset*. [https://issuu.com/turidoien/docs/b\\_redygtighedsparadokset\\_innobygpub](https://issuu.com/turidoien/docs/b_redygtighedsparadokset_innobygpub)

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Bæredygtighedsparadokset

*Nils Lykke Sørensen*

*Turid Borgestrand Øien*

*Simon Skjöld*

*Anne Kathrine Frandsen*

*Anne Beim*



# Indhold

Indledning  
Aggregeret data  
Arkitektur  
Holisme  
Grænseflader og læring  
Tommelfingerregler  
Volumen  
Det generelle og specifikke  
Princip for dataindsamlingen  
Skitse til en løsning  
Metode

# Indledning

At forsøge at tage den bedste beslutning uden at have den tilstrækkelige viden til at tage denne beslutning udgør på den ene side et paradoks. På den anden side er det også en konsekvens af at eksistere i en verden i konstant udvikling.

I systemer med mange parametre kan nogle parametre være indbyrdes modstridende, hvilket gør selve ideen om den bedste logiske løsning til et paradoks i sig selv. Sådanne systemer fordrer et mix af beslutningskraft og tilgængelig data.

Projektets forslag til løsning går derfor efter en synliggørelse af de prioriteter der træffes i designets tidligere processer, og derved understøtte dialogen så de parametre der bringes i spil er tydelige for alle parter.

Igennem projektperioden har netop forholdet mellem beslutninger og tilgængelige data dukket op i forskellige sammenhænge og med forskellige perspektiver. Det er derfor fundet hensigtsmæssigt at sætte ord på disse perspektiver i form af en række mindre 'artikler', der tilsammen søger at afspejle udfordringer og baggrunde for disse perspektiver.

Artiklerne er søgt skrevet så de kan læses uafhængigt, eller i spredt fægtning alt efter læserens her og nu interesse. Men samlet set søger vi at give et mere fyldestgørende billede af feltet. Artiklerne er grundlæggende udarbejdet ud fra spørgsmål, der mere eller mindre er opstået gennem projektet og som på næste side præsenteres i en kort form.

### **Aggregeret data**

Hvordan opsamles data, og hvad skal der til for at gøre data informativt og derved forbedre beslutningerne i de tidlige faser?

### **Arkitektur**

Før i tiden var arkitekten den der styrede hele processen. Sådan er det ikke mere, men hvem har så overblikket?

### **Holisme**

Hvordan tænker man holistisk i et system men mange parametre?

### **Grænseflader og læring**

Hvordan kan konkurrerende parter opbygge, dele og trække på en fælles viden?

### **Tommelfingerregler**

Denne regeltype kræver traditionelt tid til verificering, men når vi ikke mere har den tid, hvad så?

### **Det generelle og det specifikke**

Kan vi have danske tilgange samtidig med at vi konkurrerer på et internationalt marked?

### **Volumener**

Hvilken betydning har bygningskroppens hovedform i relation til bæredygtighed?

### **Principper for dataindsamling**

Løsningsforslaget fordrer at man tager en række konceptuelle tilgange eller principper i anvendelse

### **Skitse til en løsning**

Der redegøres for det konceptuelle løsningsforslag.

# Aggregeret data

Hvor data er en udelelig enhed, er information to eller flere data der er indbyrdes relateret. Viden er en forståelse af informationerne i en given kontekst, og kundskaber omfatter evnen til at handle på denne viden. Hvor data, information og viden er eksisterende stof, er kundskab den handling der skaber fremtiden.

Eksempelvis er ordet 'Lokale' og værdien '12' to uafhængige ord, der i sig selv ikke giver meget mening. Hvis de to ord relateres: Lokale 12, gives der en information, der dog er afhængig af konteksten, fx ved at vi nu ved at mødet er i lokale 12. Sagt kort har vi tre niveauer; et data-, et informativt- og et kontekstuel afhængigt niveau. Hvis vi således skal skabe et system der gør det muligt at finde rundt i et byggeri, skaber vi derfor nogle rumnumre (data), og tildeler disse til de respektive rum, hvorefter rum og numre er informative, hvilket giver brugere en viden der sætter dem i stand til at finde rundt. Det sidste niveau handler om, at dem der planlægger et sådant byggeri netop kender behovet og derfor beslutter det bedst mulige rumnummer system.

## *Beslutninger tages på baggrund af den fysiske verdens konkretiserede data, information og viden.*

Udsagn fra interviewene

I de tidlige design processer starter man næppe med at opbygge et system, hvor en datastreng er rumnumrene, en anden komponenternes energitab mv. af den simple grund at vi endnu ikke har rum eller komponenter. Derimod har vi opsamlet viden for området der er kontekstuel afhængigt, således at nogenlunde vi ved, at en

bestemt bygningstype (kontekst) er behovet for at finde rundt stort (information), hvorfor vi på et senere, og passende tidspunkt, tildeler numrene (data). Dette kræver bare at vi ved hvilke bygningstyper der bestemt dette behov.

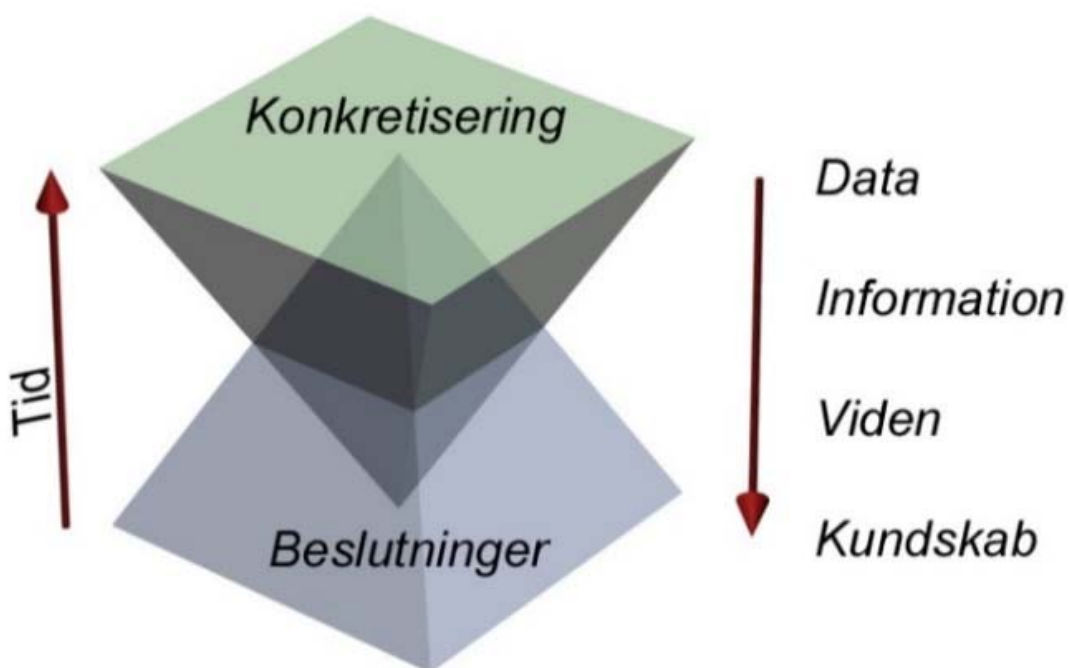
Bygningstyper er primært bestemt af byggeriets funktion, om end kulturelle påvirkninger har betydning for udtrykket, jævnfør de normalt strengt opbyggede facader i domhuse. Hvis data og information skal udmøntes i tommelfingerregler der er operationelle i de tidlige faser, kunne bygningstypen være et udgangspunkt for at indsamle data fra den eksisterende bygningsmasse og praksis.

### Søgning og opsamling

Bæredygtighed i de tidlige faser handler i første omgang om de valg byggeriet underlægges. Dette vil altid ske på et højere abstraktionsniveau, som fx ønsket om at byggeriets drift, over fx 50 år, er vigtigere end anlægssummen. Dette ønske skal kunne underbygges ved at trække på opsamlet viden der fx er afhængig af bygningstypen.

En søgning på eksisterende bygninger (inden for typen) hvor driftsomkostningerne har vist sig hensigtsmæssige (hvilket specificeres), skulle således kunne resultere i svar vedrørende den relative anlægssum, beslutningsbetingelser samt hvilke parametre der medfører den eksisterende løsning. Hvis søgninger gentagne gange viser at fx dyre materialer er årsagen til de lave driftsomkostninger, er dette en tommelfingerregel. Dog kun hvis sammenligningen sker inden for den givne afskrivningsperiode. Hvis samme valg medfører fx en bedre arkitektur (målt æstetisk) kan både dette og sammenhængen med økonomien også være en tommelfingerregel. Ligeledes må det gælde at hvis disse parametervalg, generelt medfører dårligere fx indeklima løsninger – uagtet årsagen hertil.

Opsamling af data er en ting, men data skal aggregeres til et niveau der understøtter beslutningskraften, hvor der ingen data er til stede. I et optimalt system vil udformningen af system trække på kontekstbestemt viden, for derved at starte processen, der herefter vil gøre denne viden informativt og ende med at beslutte de mere præcise data i systemet. Herefter vil dataanvendelsen i systemet berige den kontekstbestemte viden, og vi vil vide om et system med netop disse data i denne relation er en succes eller fiasko.



Figur 1. Beslutninger tage tidligt i processen på baggrund af den kundskab og viden vi har på området. Som tiden går bliver projektet konkret, og udkrystalliseres i data.



# Arkitektur

Vitruvius repræsenterede for over to tusinde år siden, en arkitekturforståelse hvor brugbarhed, holdbarhed og skønhed skulle gå op i en højere enhed. Det var arkitektens opgave at balancere de tre elementer, en bearbejdning der indbefattede en hensyntagen til en række kontekstuelle forhold som lokalitet, situation og økonomi mv. Dette hensyn handler om at identificere hvad der er passende (Vitruv bruger begrebet Decorum). Et af de aktuelle spørgsmål i dag er hvorvidt denne arkitekturforståelse stadig er gældende, og kan vi se den i forhold til bæredygtighedskonceptet?

Der er skabt gode arkitektoniske løsninger længe inden vi havde bæredygtighedskoncepter og certificeringsordninger. Mange af vores bygninger er både 2- og 300 år gamle og har vist sig at være meget velfungerende gennem flere menneskealdre og man kan diskutere om de ikke netop derfor kan kaldes bæredygtige. Selv om 'bæredygtighed' i denne sammenhæng er et nyt begreb, er der mange hensyn der minder om tidligere tiders arkitekturforståelse. Med undtagelse af et par få årtier hvor vækst syntes at være den væsentligste drivkraft, har forbrug af energi, materialer og ressourcer været i centrum gennem alle tider. Ligeledes må byggeriets omkostninger, drift og værdistabilitet have været kendt siden det første professionelle gennemførte byggeri. Endeligt har indeklima, kvalitet mv. også været en del af hensynet.

Det nye er således ikke bevidstheden om at parametrene eksisterer, men at de i højere grad synes genopdaget i en større kontekst. En grundlæggende forskel er dog, at hvor det tidligere primært var lokale hensyn der var styrende for beslutningerne, er hensynet til bæredygtighed også rettet mod hele jordkloden og dets fremtid. Denne overordnede tilgang i kombination med vores tids arkitekturforståelse,

hvor byggeriet er blevet langt mere specialiseret Det at den teknologiske udvikling har muliggjort mere præcise (eller omfattende) beregninger, gør behovet for at navigere og koordinere endnu mere presserende: det at kunne evne at finde frem til det passende.

I rapporten 'Kortlægning af bæredygtigt byggeri', SBI 2013:09, optræder Kunst og arkitektur som et punkt, beliggende under hovedgruppen Social bæredygtighed. Arkitektonisk kvalitet er, måske ikke overraskende adskilt fra de økonomiske og materialemæssige forhold, taget fagdisciplinernes udviklingshistorie i betragtning. Imidlertid efterlader det spørgsmål om hvem der så har ansvaret for at få alle byggeriets elementer til at være i en indbyrdes balance. Hvis arkitektur ikke mere er et dækkende begreb for helhedstanken, skal vi opfinde og anvende et andet begreb, der dækker betydningen?

|        |                     |   |
|--------|---------------------|---|
| Social | Kunst og arkitektur | Arkitektonisk kvalitet i byggeriet skal fremmes |
|--------|---------------------|---|

Figur 2. Fra rapporten 'Kortlægning af bæredygtigt byggeri', 2013, hvor *Kunst og arkitektur*, samt *arkitektonisk kvalitet* er listet som social bæredygtighed.

Tidligere var det arkitekten eller bygmesteren der havde den koordinerende rolle i byggeriet. Men med industrialiseringen og professionaliseringen gennem de sidste hundrede år er de mange aspekter af byggeriet, fra jura til byggeteknik blevet så specialiseret at det dårligt kan styres fra en stol alene. Specialiseringerne skaber en stadig større kløft mellem fagene, og den indbyrdes forståelse for hinandens metoder kan risikere at have mangler i en sådan grad, at det ene fag ikke forstår det andet fags beslutning. Hvilke så efterlader spørgsmål om hvem der egentlig styrer

processen. I dag har nye værktøjer samt en større bevidsthed på netop bæredygtighed, aktualiseret spørgsmål om hvem, og måske mere hvordan, fagene tackler specialiseringen, og får operationaliseret 'det passende'.

*... historisk har  
bæredygtighed startet som  
en arkitektdisciplin ... med  
det tekniske og det sociale.  
Men med  
varmetabsrammer og  
energirammer blev det en  
ingeniørdisciplin...*

Udsagn fra interviewene

Bæredygtighed bliver i interviewene italesat som en mulighed for at få arkitekterne mere på banen igen. I flere tiltag fungerer bæredygtigheden som en rammesætning for det tværfaglige arbejde, for at komme hele vejen rundt om proces og produkt og de mange aktører. Nogle bygherrer vælger at lægge certificeringen som en kravspecifikation; hvor der sættes et givent niveau som krav til det kommende byggeri. Andre går i dialog og udvikler en bæredygtighedsprofil i det enkelte projekt sammen med projektets øvrige parter. Det er tale om tilpassede løsninger, som en oversættelse af de aktuelle forhold og den aktuelle kontekst. Værdien af bæredygtighed bliver på denne måde vurderet og tilpasset af bygherren, og man finder det niveau der passer en politisk profil og strategi. Det kan være værdi i forhold til forbrugeren, til markedet eller blot ønsket om et bedre byggeri.

I flere af dette projekts interviews optræder behovet for en særlig styring for at operationalisere bæredygtigheden. I det enkelte projekt sker der en justering i forhold til hvad der er vigtigst. For nogle vil det være driftsomkostningerne i forbindelse med energi, mens andre vægter det arkitektoniske udtryk i byrummet. Også på dette operationelle niveau er det tale om en tilpasning. Når de interviewede rådgivere beskriver deres brug af værktøjer i de tidlige processer taler de om en palet af forskellige værktøjer. Nogen egner sig bedst til kvantiteter, andre til at håndtere kvaliteter, og endnu andre for at koordinere de øvrige. På den måde er det også en tilpasning af metoder og værktøjer gennem processen. Selv om bæredygtighedsværktøjerne lægger op til nytænkning vil de opstillede parametre være styrende for resultatet, og med fokus på nogle parametre fravælges andre. Det ultimative bæredygtige byggeri findes ikke.

Et af de seneste skud på stammen af bæredygtighedsuddannelser for rådgivere er "Bæredygtighedsledelse" med fokus på hvordan man definerer krav, får inddraget bygherre, sikrer kompetencer og overblik. Og i dag handler det måske i høj grad om at tilpasse de mange behov og interesser der er på spil. Byggeriet er omfattet af så mange forskellige professioner, der hver har deres forståelse af hvad byggeriet er og skal kunne. Det er en politisk forhandlet proces fra bygherre til rådgivere, udførende og slutbrugere. Og det har sikkert altid været sådan, men med den kompleksitet byggeriet har i dag, er der behov for ledelse. Koordination er her et nøgleord, der også har været i spil i mange interviews. Man må koordinere og tilpasse på tværs af faser, aktører eller parametre. Hvilket fører os tilbage til Vitruv. Selv om diskussionerne i dag er på et andet niveau, rimer koordinering og tilpasning ret godt på *decorum*.

# Holisme

Når man betragter et kunstværk, skal man på afstand for at få et indtryk af helheden, af kompositionen af proportioner og rytme. Går man helt tæt på får man øje på penselstrøg, tekstur og malingslag – på detaljen. Jo tættere på man kommer, desto mindre af helheden kan man se. I detaljen, mister man blikket for helheden. Bæredygtighedsprogrammerne argumenterer for at de igennem de mange parametre kan sikre en mere holistisk løsning. Men kan man det?

Ideen om at man sikrer den holistiske løsning gennem summen af enkeltparametre (detaljen) er en forståelse der ofte ses når naturvidenskabelig forskning skal give et mere helhedsorienteret billede. Man kunne overveje om det er denne forståelse der er i spil i de mange hundrede siders detaljerede kravspecifikationer man eksempelvis opererer med i nogle arkitektkonkurrencer. Modsat kan man argumentere for at man mister overblikket hvis alt skal have den samme vægtning i det store billede, hvorfor man har brug for et fokuspunkt eller en synsvinkel. Forholdet mellem helhed og detalje er også på spil i de tidlige designprocesser, hvor man arbejder fra en abstrakt konceptskitse til det mere konkrete. I disse åbne processer er mulighederne mange og man har rum til at diskutere flere løsninger. Selve bæredygtighedsbegrebet, og den måde det håndteres gennem klassifikationer, parametre og definitioner, hvis betydning og vægtning, kan skifte alt efter hvilke af byggeriets forskellige aktører der er i spil. Bæredygtighedsparametrene er oversat til tekniske og målbare forhold, men også mere kvalitative aspekter som det sociale eller processuelle. Ambitionen har været at det skal være objektivt og målbart. Problemet her kan være at de mere bløde værdier ofte er del af kognitive processer, som lærings-processer eller praksisviden der er svær at målsætte og vurdere. Her kommer en standard dårlig til sin ret.



Figur 3. Detaljen siger ofte andet end det hele billede.

I den materielle, fysiske verden er parametrene relationelle og gensidigt afhængige. Indeklima er eksempelvis både relateret til energi, økonomi og det sociale, og til materialebrug og holdbarhed. En anden følgevirkning af en klassifikation kan være at man i sin håndtering af de mange parametre kommer til at hierarkisere, at under- og overordne enkelte parametre. For eksempel er *arkitektonisk kvalitet* blevet klassificeret som et parameter under det sociale. Oprindeligt har denne parameter været relateret til hvorvidt der er taget hensyn til arkitektonisk kvalitet i processen, men når man ikke kender konteksten for denne vinkling, ligner det en noget snæver arkitekturforståelse. Hierarkiet kan give mening i forhold til et særligt snit eller vinkling, men når det forstås som over/underordnede forhold kan det give anledning til misforståelser.

I den naturvidenskabelige tradition, har man forsøgt at kigge på tværs af parametre, fx ved at sidestille flere parametre. Her bliver den holistiske forståelse i høj grad bestemt af hvad man faktisk kan måle. Den næste udfordring er at de forskellige parametre er i indbyrdes relation til hinanden og kan være svære at isolere. På den anden side har det været en pointe at vurdere bæredygtigheden på bygningen som helhed, som et samlet system.

Interviewene med arkitekterne beskriver hvordan det i de tidlige faser er vigtigt med fokus på hvilke parametre der understøtter hinanden og tiltag der adresserer flere parametre på én gang. Det ligger et modsætningsforhold i at på samme tid tale om holisme og enkeltparametre, hvor flere understreger at man skal huske på at program og parametre kun er værktøjer og at formålet hele tiden er de bedre og mere bæredygtige bygninger.

Udsagn som at bæredygtighedsprogrammer bidrager med en "holistisk forståelse", skal forstås i relation til at programmerne kræver at blive styret af en kyndig hånd, eller rettere sagt kyndige hænder. Parametrene er klassifikationer og grupperinger der kan hjælpe os med at forstå dele af denne helhed, gennem vores sprog og repræsentationer. Det "fælles sprog" som flere omtaler er reelt flere forskellige dialekter, der bliver brugt forskelligt, alt efter om det er en samfundspolitisk kontekst, en brancherelateret sammenhæng, en afvejning i forhold til det enkelte byggeprojekt eller måske som led i en markedsstrategi. Hver aktørgruppe har sin forståelse af både enkeltparametre og bæredygtighed som overordnet tilgang, skabt ud fra den ramme de forstår det i, på tværs af fag og på tværs af organisatoriske led. Ud over det fælles sprog eller fælles standard, bliver den tværfaglige tænkning trukket ind i flere af interviewene. Og måske er det der den næste opgave ligger: I at blive bedre til at tale sammen på tværs, at navigere, koordinere og supplere hinanden.

*Når man arbejder med bæredygtighed får man hurtigt betegnelsen specialist, men i virkeligheden er man jo en generalist der skal have overblik og koordinere.*

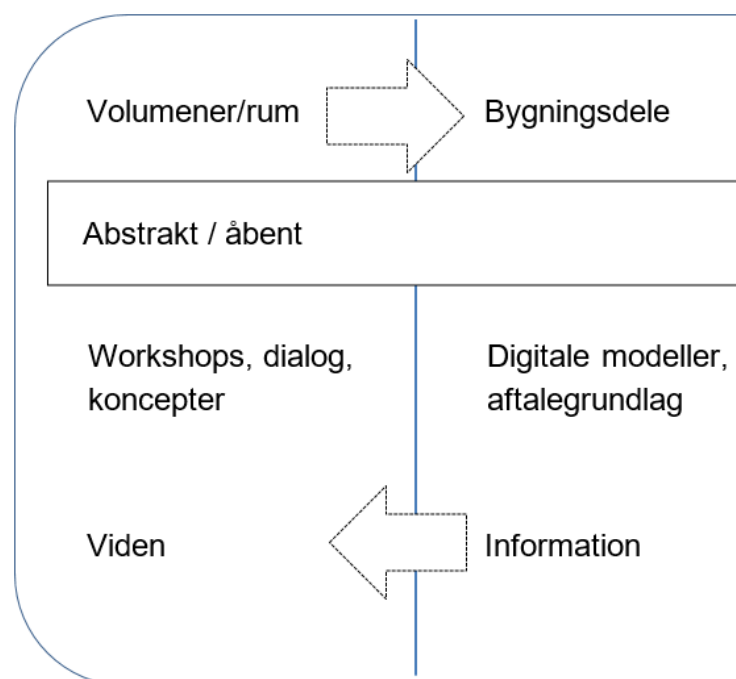
Udsagn fra interviewene

# Grænseflader og læring

En af udfordringerne i byggeriet i dag er hvorvidt interessen for udvikling ligger i en forståelse af et "fælles bedste", på et brancheniveau eller om fokus forbliver på enkelte virksomheds bedste. Dagens markedsbetingelser betyder at virksomheder er i intern konkurrence, men også i konkurrence på et globalt marked. Byggeskik, teknologier og forretningsmodeller ændres hurtigt. Karteller og mislighedsforhold på den ene side, øget kontrol regulering på den anden side. Men kan vi samles om noget i branchen? Er det muligt at vidensdele og etablere et solidt grundlag for den aktuelle byggeskik på trods af konkurrencen?

En af de store hurdle for samarbejde er at vi skal deles om tingene. For at få simulering- og beregningsværktøjer til at fungere optimalt, mangler realviden om de forhold der repræsenteres. Ofte er de teoretiske beregningsmodeller der ligger til grund for regnestykket ikke samsvarende med det der faktisk bliver bygget. Hvor byggeriet tidligere havde et fælles udgangspunkt i en byggeskik, er vi nu i en virkelighed der er meget mere specialiseret og facetteret.

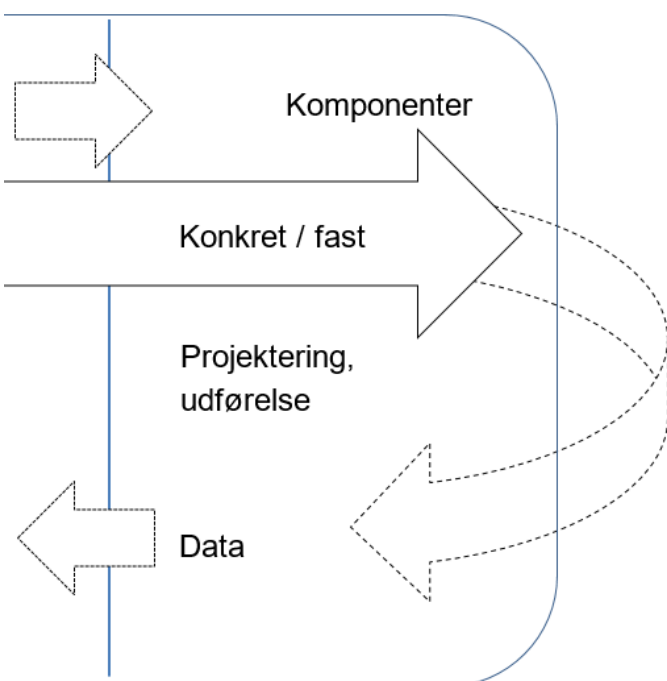
På trods af uendelige mængder af data og informationer, er de ikke bearbejdet og oversat til noget vi kan kalde viden. Men hvem skal indsamle denne erfaringsdata og hvordan skal den ivaretages? De der arbejder med informationerne vil typisk kobles af projektet når det overgives til bygherre. Nogle data vil trækkes ind i driften, men samtidigt ser vi flere eksterne driftsleverandører koblet på et projekt, hvor systemleverancer og indlejret teknologi flytter viden væk fra byg- eller driftsherren. Viden ejes af bygherrerne, bruges af driftsorganisationerne, og skulle meget gerne kunne føres tilbage eller videre til at informere fremtidige projekter.



Figur 4. Abstraktionsniveauer, aktiviteter og vidensniveauer fordelt over byggeprocessen.

Nogle certificeringsordninger har som mål at være performancebaseret, hvor der måles på effekten af det samlede byggeri. Her dokumenteres og indsamles data om bygningens præstation, som certificeringen bliver vurderet ud fra. byggeproces.

En erfaringsopsamling på tværs af de enkelte projekter, de enkelte databaser og de enkelte aktører er dog ikke en etableret praksis. I et af interviewene bliver Byggeskedefonden trukket frem som det gode eksempel på et sted hvor data og viden om byggeriet er indsamlet på systematisk vis. I tråd med at bygningsreglementet bliver mere åbent med funktionskrav frem for målkrav på en række



*Erfaringsopsamling?  
Det er lidt et ømt punkt,  
fordi egentlig vil man  
gerne lære af de afsluttede  
projekter, men som  
arkitekt bliver man jo  
koblet fra processen før  
bygningen er taget  
ordentligt i brug...*

Udsagn fra interviewene

områder, bliver behovet for et fælles videns grundlag i byggebranchen endnu mere afgørende

Byggeskadefonden indhenter erfaringer fra de steder hvor det er gået galt, hvor vi kan lære af vores fejl og trække denne viden tilbage til branchen, men mon vi ikke kan mobilisere viden om de gode løsninger. Kigger man på viden i et byggeprojekt, er det typisk først i de konkrete løsninger at det reelt er et konkurrenceaspekt på spil. Kan branchen enes om på hvilke præmisser samarbejde og vidensdeling skal foregå, burde fokus lægges på grænsefladerne mellem faser og aktører og hvordan informationer og viden kan oversættes og danne grundlag for læring.



# Tommelfingerregler

En tommelfingerregel er en enkel huskeregel som gælder i de fleste tilfælde. Byggeriets anvendelse af denne type regler hænger sandsynligvis sammen byggeriets mesterlære tradition, hvor løsninger blev finpudset gennem generationer, blev tavs viden og dermed en tommelfingerregel. Sådan gør vi, vi ved det virker.

Tilgangen virker fint når komponenter og metoder over tid ikke ændres i betragtelig grad, og vi derfor ved at det stadig virker. Men da industrialiseringen engang i 50'erne holdt sit indtog i byggeriet medførte det efterhånden et stadig større antal komponenter, og det enkelte komponent kan være udgået inden erfaringerne med den fysiske verdens vejr og vind er opstået. Som på mange andre samfundsområder er også byggeriets metoder under pres. Den industrielle tilgang, digitalisering, lean mv. er alle metoder der alle er udsprunget af de teknologiske udviklinger, og som kræver ændringer i produktionslinjen, hvis samme teknologi skal have den forventede effekt.

Hastigheden hvormed nye teknologier fremkommer og derved nye metoder og praksisser, som komponenterne, sker i et tempo der overgår den tilgængelige tid for at indarbejde den nødvendige læring. I dag har vi ikke hundrede af år til at erfaringsopsamle, vi har ofte ikke engang et år. Så de gamle måder med at lære og erfare på, er udfordrede

Lidt forenklet sagt, har vores naturvidenskabelige kultur skabt en vision der går på at hvis vi kender verdens mindste byggestener, og deres interaktion, vil vi kunne forudse et systems udfald, og derfor være i stand til at planlægge samme system således at det endelige resultat er en spejling heraf. BIM er et eksempel herpå.

Problemet er imidlertid at hvis vi skulle modellere samtlige bestanddele helt ned i detaljen, vil

omkostningerne sandsynligvis være af samme omfang som at fremstille det faktiske og fysiske system. Et teoretisk system med fx 10 objekter der hver kunne antage 10 tilstande, vil således resultere i et system med 10.000.000.000 udfaldsrum. Når systemet handler om byggeri og bæredygtighed, taler vi et utal af komponenter, som vi ikke kender alle egenskaberne på, og en serie af bæredygtigheds parametre der indbyrdes påvirker hinanden, på en måde vi heller ikke rigtig kender. Konsekvensen heraf er at systemet har uoverskueligt mange objekter og mange tilstande, hvilket resulterer i usandsynlig mange udfaldsrum.

At skulle gøre disse mange udfald evidensbaseret kræver imidlertid, som den traditionelle tilgang tid – lang tid.

Sagt kort; jo flere komponenter og tilstande, jo større er behovet for tommelfingerregler der muliggør en operationel tilgang til det at bygge.

## *Arkitektoniske typologier kan genere tommelfingerregler*

Udsagn fra interviewene

Som definition for tommelfingerregler siger, er det noget der gælder i de fleste tilfælde. Altså at der er stor sandsynlighed for at dette eller hint virker. Dette taler for en statistisk beregningstilgang, der i dag ses i fx beregninger på nogenlunde veldefinerede områder. Altså at beregningerne foretages på et overskueligt udvalg af parametre, og for de fleste tilfælde giver et sandsynligt udfald. Disse udfald skal naturligvis efterfølgende kvalitetssikres i den fysiske verdens forbrug af

disse løsninger, og gerne gentagne gange. Såfremt komponenternes egenskaber, for det beregnede område kendes, kan der gennemføres diverse udfaldsberegninger, der med stor sandsynlighed viser et givent resultat. Hvis komponenternes egenskaber ikke kendes, fordi beslutningerne tages på et tidspunkt hvor komponenten endnu ikke er valgt, skal der regnes på et andet niveau og med en større usikkerhed. I de tidlige faser af beslutningsproces, vil der desuden indgå mange parametre der skal balanceres indbyrdes, uden vi nødvendigvis begynder at regne i dybden på de enkelte områder

De moderne tommelfingerregler har som udgangspunkt et hav af muligheder og udfaldsrum, og skal derfor bygge på erkendelsen af at nogle muligheder fremhæves på bekostning af andre, og at vi som udgangspunkt starter med et bevist valg om hvad der netop udelukkes.

Desuden skal niveauet af reglerne ligge på et højere abstraktionsniveau, end ideen om at vi faktisk kender alle variablerne. Data skal med andre ord aggregeres til et informativt niveau, for derefter at blive et kvalitetssikres niveau der bliver en viden hvorpå vi kan handle.

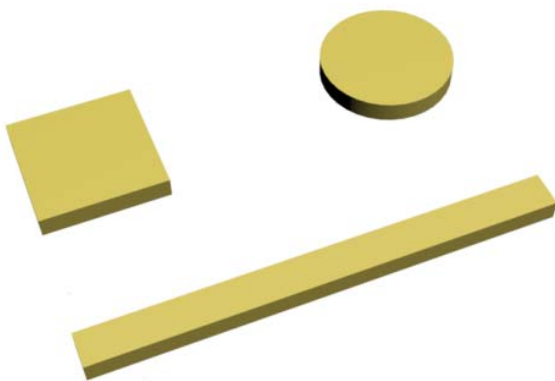




# Volumen

Arkitektens hovedgreb er meget andet om mere end forestillingen om en volumen. Men bygningskroppens hovedform er en ganske væsentlig parameter. Og netop udformningen heraf har betydning for flere af bæredygtighedsparametrene. En bygning med stor dybde kan give udfordringer med lyset, en høj med tilgængeligheden og en rund måske med indretningen.

Samspillet mellem volumener og de forskellige parametre er et af de områder der kalder på en nærmere forståelse.



Figur 5 Tre volumener; kvadranten, stangen, og cylinderen

Ovenstående tre volumener har samme bruttoareal (2.500 m<sup>2</sup>), fordelt på 2 etager, med en etagehøjde på 6 meter. Hvor kvadrantens sider er 35\*35 meter er stangen 125\*10, cylinderens radius er 19 meter.

Hvilket betyder følgende for bygningens volumen samt facadeareal.

| Bygningskrop | Volumen              | Facadeareal          |
|--------------|----------------------|----------------------|
| Kvadrant     | 7.350 m <sup>3</sup> | 840 m <sup>2</sup>   |
| Stang        | 7.500 m <sup>3</sup> | 1.620 m <sup>2</sup> |
| Cylinder     | 6.804 m <sup>3</sup> | 712 m <sup>2</sup>   |

Figur 6. Enslydende arealer i forskellige volumner giver udsving i materialebehovet for kilmaskærmen.

Materialeforbruget i de tre eksempler er åbenlyst relateret til såvel materialeforbrug som de senere vedligeholdelses og genopretningsomkostninger. Imidlertid siger dette forbrug ikke meget omkring bygbarheden, herunder evt. meromkostninger og ressourceforbrug for komponentfremstillingen.

Vi vil få mest areal med færrest mulige materialeforbrug (i facaden) ved at vælge en cylinder. Men husdybden kan blive problematisk i forhold til dagslys. Desuden vil indeklimaet nok skulle understøttes af et større ventilationsanlæg end andre former, hvorved energiforbruget i bygningslevetid vil være stort, og derfor vil et totaløkonomisk regnskab se anderledes ud end for fx stangformen. Allerede her er der nævnt en serie af parametre spredt udover hele bæredygtighedsområdet, alle med udgangspunkt i alene grundformen.

Forslaget til løsning har valgt at udtrykke formen vha. areal, etageantal samt højde og husdybde. Mere spektakulære former kan ikke udtrykkes alene med disse variabler, men vil være dækkende for langt den overvejende del af byggeriet.



Figur 7. Kuben og cylinderen.

# Det generelle og specifikke

I branchesammenhæng har bæredygtighedsdagsordenen til dels handlet om en standardisering med mål om at løfte i flok og sikre et byggeri, der tager hensyn til ressourceforbrug og som har en rimelig lang levetid. Nogle af de eksisterende bæredygtighedsprogrammer og tilhørende parameterkategorier er særligt tilpasset den danske kontekst, mens andre lægger sig op ad internationale standarder, hvor det er de samme parametre der er gældende på tværs af landegrænser. Dette berør et aspekt ved bæredygtigheds-dagorden, der har været diskuteret på flere niveauer i dette projekt nemlig forholdet mellem det generelle og det specifikke.

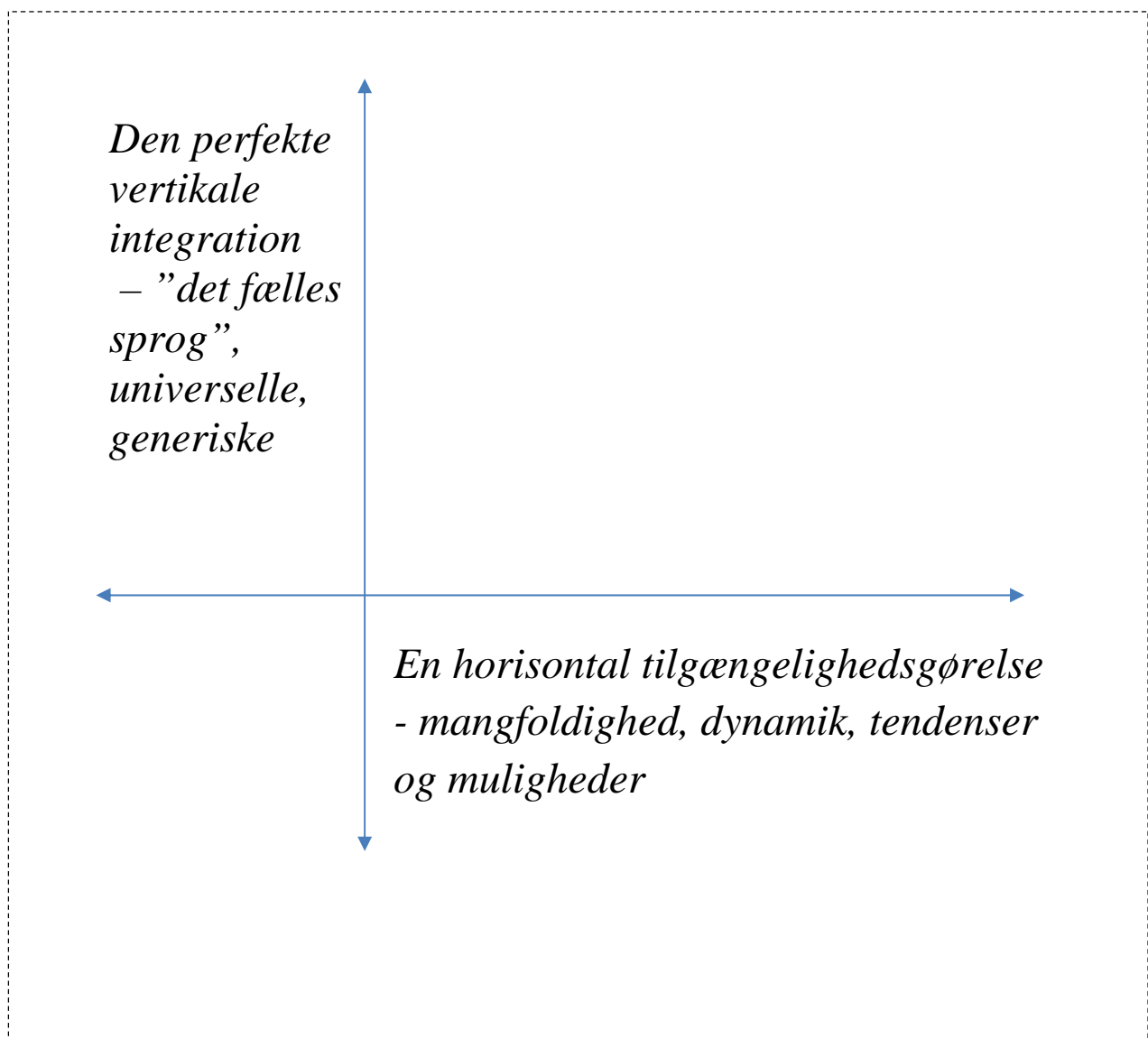
På projektniveau kan man sige at enhver teoretisk model eller standard, om end i forskellig grad, bliver re-kontekstualiseret i det aktuelle byggeri i forhold til den givne kontekst, dvs. i forhold til omgivelser, funktion og brugere. Syntesen af de forskellige parametre er med til at give den endelige løsning. Et fælles sprog, rammer og standarder er afgørende for at sikre et jævnt niveau, men på samme tid kan man risikere at det hele ender med at bliver ens. Dette er ikke en ny problemstilling i byggeriet eller i hvilket som helst standardiseringsregi-

Spørgsmålet om en given certificering er "mål eller middel" har også været adresseret i flere af interviewene. Kigger man på tværs af de eksisterende bæredygtighedsværktøjer og ordninger spiller de reelt meget forskellige roller; dels som styrende kravspecifikationer og kvalitetssikring i hver sin ende af byggeprocessen og dels som et mere åbent iterativt procesværktøj hvor løsningen udvikles gennem dialog og forhandling. Hvor nogle rådgivere anvender en given standard til at prioritere løsninger og inddrage viden fra andre aktører, kan det for andre opleves som en forhindring for den

kunstneriske proces. Bæredygtighedsfokuset kan give funktionelle, men som der med reference til bæredygtighedsprojekter i Tyskland blev kommenteret i et interview, *kedelige* byggerier. Kedelige byggerier kan være en mindre god løsning på lang sigt.

Tommelfingerregler og detaljerede beregningsmodeller repræsenterer to vidt forskellige tilgange til data og i nogle tilfælde rummer den samme bæredygtighedsordning den noget udfordrende dobbeltrolle. Denne dobbeltrolle diskuteres også i forhold til IKT i folkeskolen der kan ses som "genstand for læring" eller "medie for læring" (Balslev, 2018).

Som illustreret i den nedenstående figur, handler den første tilgang handler om at anskueliggøre og tilgængeliggøre dynamikker, mangfoldighed, tendenser og muligheder (horisontalt), og den anden rummer forståelsen af en vertikal integration i standardisering og det generiske (vertikalt).



Figur 8. Teknologier fordrer forskellige tilgange og anvendelser. Her forholdet mellem "det fælles sprog" og mangfoldighed (med inspiration fra Balslev, 2018 s. 99).

# Principper for dataindsamling

Dataindsamling er en forudsætning for den skitserede løsning. For at operationalisere bæredygtighedsparametre i de tidlige faser, skal der trækkes data fra eksisterende byggeri. Data skal kondenseres til nøgletal, hvorved vi kan skabe det vidensniveau som bæredygtighedsparadokset påpeger. For at Løsningsforslaget fordrer at man tager en række konceptuelle tilgange eller principper i anvendelse.

I byggeriets faser skabes data på forskelligt abstraktionsniveauer. I de tidlige faser arbejdes der med projektets hovedgreb, der i denne kontekst ligger på et volumenniveau. Dette niveau er defineret ud fra det hvad der vides og hvad der ønskes. Bygningstype, arealbehov o. lign. er tilgængelige data

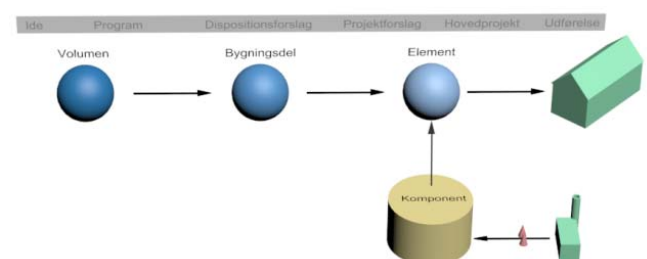
Volumenniveauet nedbrydes til bygningsdele i de efterfølgende faser, der igen opløses til elementer, og herfra udføres resultatet. Der er naturligvis mange overlap og flydende grænser, fx kan nogle elementtyper blive fastlagt meget tidligt i processen. Elementer ses som en virtuel enhed der repræsenterer de kommende fysiske komponenter. Komponenter adskiller sig naturligvis ved at være faktiske og fysiske, men adskiller sig derfor også ved at indeholde alle de egenskaber som den faktiske verdens materialer er i besiddelse af. Elementerne har kun repræsenteret et mindre udvalg af disse egenskaber.

Producenter kender egenskaber på komponentniveau, og kan derfor videregive disse til de projekterende der opererer på elementniveau samt, i tilfælde af at produktet er en systemleverance, på bygningsdelsniveau. Da det fysiske byggeri består af komponenter der netop sammensættes kan nogle egenskaber

påvirke andre tilbage gennem systemet. Således kan nogle komponenter i visse sammenhænge interagere uforudsigeligt og muligvis u hensigtsmæssigt, fordi de egenskaber komponenten er født med, enten ikke anvendes i de tidlige beregninger om det planlagte byggeris ydeevne, eller fordi egenskaberne ikke findes på et operationelt aggregeret niveau. Det er byggeriets parter der har ansvaret for at kondensere komponentniveauets egenskaber. I første omgang til bygningsdelsniveau, og derefter bygningstypeniveau.

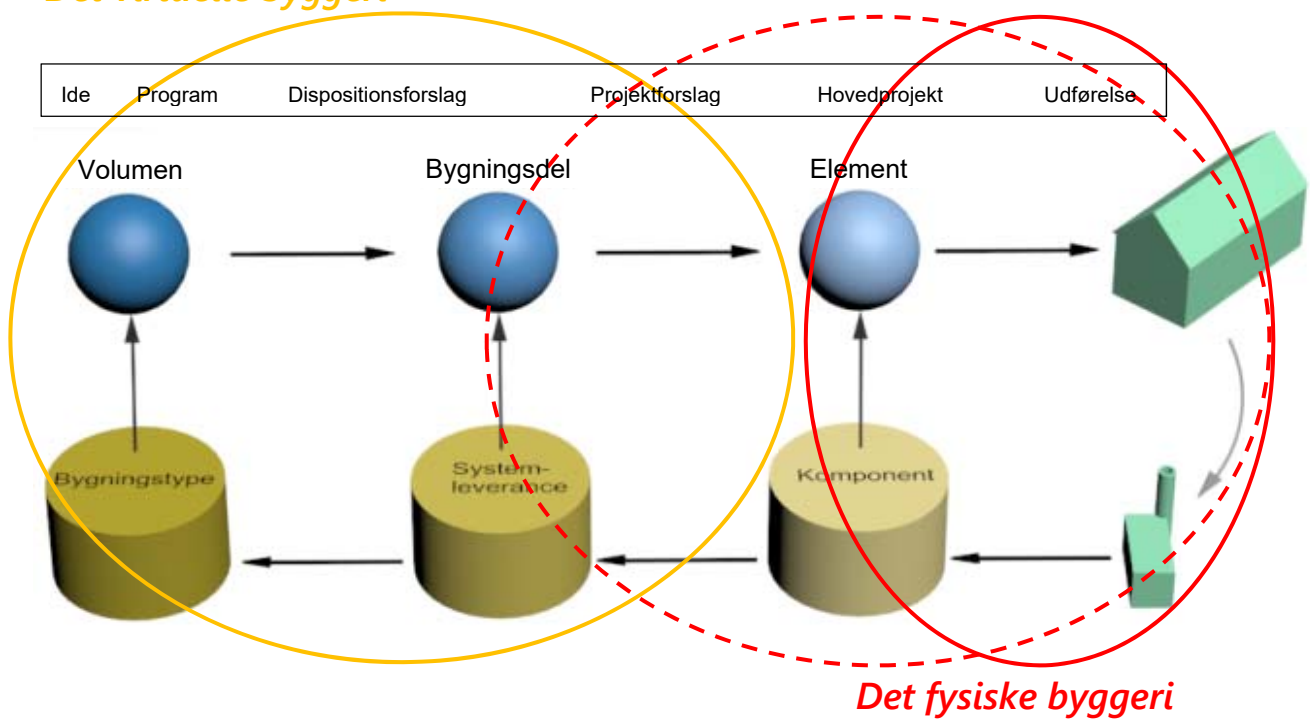
I det virtuelle byggeris tidligere faser udtrykkes en serie af ønskede egenskaber, der skal være afspejlet i de aggregerede fysiske data.

Producenterne kan hente viden fra det færdige byggeri, om deres ydelser i deres komponenters egenskaber er i overensstemmelse med det beregnede. Men grænsen mellem det fysiske og det virtuelle kan være en barriere, og summen af indsamlede effekter på komponentniveau, er ikke bare den samlede effekt på bygningsdelen. Data skal derfor aggregeres til et stadig højere abstraktionsniveau, for at kunne anvendes i planlægningsprocessen. Således vil en egenskab der er tilgængelig på volumenniveau, også være tilgængelig i en senere fase, men med en stadig større præcision.



Figur 9 I byggeriets faser skabes forskellige abstraktionsviveauer

### *Det virtuelle byggeri*



Figur 10 Grænsen mellem den fysiske data og den virtuelle abstraktion er kritisk.

# Skitse til en løsning

## Fund

Det er stort set først når de fysiske bygningskomponenter kommer på banen at datamængden bliver tilstrækkelig solid til at beregningsværktøjernes algoritmer kan fremkomme med den nødvendige præcision i beregningerne. Dermed også sagt at præcisionen kan skønnes at være ganske god. Det lille forbehold ligger i at der kræver en dybere viden på et specialområde at kunne vurdere om præcisionen er præcist nok.

*Bæredygtighed er videns- og datatungt og dermed svært at jonglere med i den arkitektoniske proces hvor mange bolde holdes i luften på én gang. Men hvis man har tilpas viden og erfaring vil det bidrage til at nogle af de bolde du holder i luften returneres på en bestemt måde – eller falder helt til jorden.*

Udsagn fra interviewene

Diskussioner om præcision og datamængde kan strække vidt, såfremt dette gøres inden for de enkelte specialer, her forstået som de faglige områder der udføre en koncentreret indsats inden for et område der er sammenfaldende med en

bæredygtighedsparameter, fx energiberegninger, totaløkonomi, akustik mv.

Gennem projektet er det konstateret at disse forskellige faglige områder arbejde med stort engagement – netop inden for deres område, hvilket fører til hvad vi her kunne kalde en silosituation - altså at når forsknings- og udviklingsopgaver (i sagens natur) er koncentreret på et område, bliver andre områder i bedste fald sekundære, og i værste fald fraværende.

I byggeprocessens tidlige faser er de fysiske komponenter ikke omdrejningspunktet, hvorfor en evt. præcisionsberegning på et givent område, der netop tager udgangspunkt i en fysisk er relativt perifert. Den viden der tages udgangspunkt i er bygningstypen, arealbehov, etagehøjde o. lign. Hvilket fordrer at komponentdata skal være aggregeret til et højere abstraktionsniveau. Desuden tages der i de tidlige processer stilling til hvilke bæredygtighedsområder der skal prioriteres, hvilket igen medfører et fravalg af andre områder.

Denne situation indebærer at alle bæredygtighedsområderne i princippet er i spil, hvilket understøtter ideen om at bæredygtighed starter som en holistisk disciplin.

Som følge heraf har projektet været koncentreret omkring udarbejdelse af et løsningsforslag med fokus på denne aggregerings proces og om den holistiske tilgang.



## Systemets opbygning

Systemet bygger på to typer af datainput.

Den første kaldes nøgledata og består af data der er tilgængelige i de tidlige designprocesser.

Afhængig af det aktuelle projekt vil der kunne være yderligere data tilgængeligt end angivet, hvorfor datalisten ikke er udtømmende.

Den anden type datainput er relateret til bæredygtighedsparametrene, og angives ved at markere hvilke parametre der ønskes prioriteret samt graden heraf. I nærværende model er der angivet to alternativer 'Nogen prioritet' og 'Høj prioritet'. Programmet vil herefter vise en evt. effekt på en eller flere andre parametre, men en tilsvarende to trins skala 'Mindre prioritet' og 'Ingen prioritet'. Brugeren kan naturligvis også underprioritere en parameter, der således kan resultere i en positiv effekt.

For at denne effektberegning kan gennemføres forudsættes det at en underliggende algoritme (se næste afsnit) er udviklet, og at denne bygger på data der netop viser sandsynlige sammenhænge, eller fravær heraf. Denne data er essentiel for systemets funktion, og bygger på en række forhold der skal være til stede. At:

- der forefindes data på sammenhængen mellem nøgledata og det enkelte bæredygtighedsparameter, eksempelvis en forståelse for hvordan forskellige hovedgreb på volumenniveau indvirker på parametrene.
- der forefindes en udredning for niveauet af indbyrdes påvirkning mellem nøgletal og parametre
- der forefindes data på bygningstype niveau, der bygger på aggregeret data fra et lavere abstraktionsniveau (systemleverancer og komponentniveau)

Første punkt er et projekt der kan gennemføres ved henholdsvis observation af eksisterende byggeri, samt gennemgang af beregningsresultater fra eksisterende bæredygtighedsværktøjer, der sammenlignes med eksisterende byggeri. Andet og tredje punkt kan skabes gennem sandsynlighedsberegninger, men skal verificeres med data fra det faktiske byggeri for at opnå et troværdigt niveau, der er tilpasset den specifikke situation.

Med algoritmer der alene bygger på data fra punkt 2 og 3, vil værktøjet alene fungere som et nulsumsspil, der kan vise effekten på en eller flere parametre, men ikke størrelse.

## Algoritmen

Den algoritme der beregner prioriteringer og effekter er egentlig en serie af algoritmer, bestemt af en styringsalgoritme. Styringsalgoritmen indeholder reglerne for programmets eksekvering. De underliggende algoritmer kaldes, og anvendes, alt efter hvilke værdier der indsættes under Nøgledata. Eksempelvis vil forskellige bygningstyper respondere forskelligt på parameterafhængigheden.

*Det vil være vigtigt at  
tommelfingerregler  
forholder sig til forskellige  
bygningstyper...*

Udsagn fra interviewene



## Data

- Nøgletal
- Bygningstype
- Placering
- Bruttoetageareal
- Antal etager
- Etage højde
- Husdybde
- Rammøkonomi (anlægssum)

Bruttoareal, antal etager, etage højde og husdybde er udtryk for projektets geometriske hovedgreb. Nøgletallene er ikke en binding for beregninger på bæredygtighedsparametrene. Fx vil et ikke-hensigtsmæssigt resultat kunne betyde at brugeren gik tilbage til nøgledata skærmen for at ændre nogle relevante værdier, fx hvis lysforholdene viser sig at være for ringe kan husdybden ændres.

## Bæredygtighedsparametre

Systemet arbejder med 10 bæredygtighedsparametre (se nedenstående liste). Disse er resultatet af en kondensering af de 24 parametre der anvendes i SBi 2013\_09 rapporten.

Parametrene anvendes til at prioritere de ønskede områder (lavt til højt), og derved se de mulige effekter heraf på de øvrige parametre. Det er ligeledes muligt at nedprioritere et område, og se effekten på de andre parametre, hvorfor begge prioritetsveje i gældende forslag er kaldt netop prioriter og ikke effekt.

|         |  |
|---------|--|
| Miljø   | Miljøpåvirkninger<br>Ressourceforbrug  |
| Økonomi | Anlægsomkostninger<br>Driftsomkostninger<br>Kvalitet<br>Finansiering                 |
| Social  | Termisk komfort<br>Akustik og visuel komfort<br>Sikkerhed<br>Funktionelle kvaliteter |

## Eksempler på sammenhæng

### *Eksempel 1*

Anlægsomkostningerne prioriteres højt – hvilket betyder at anlægsomkostningerne holdes lave (se bedste effekt). Ved at sammenholde bygningsparametrene og viden fra erfaringsdatabasen (hvor bygningstypen er afgørende), vil det fx kunne aflæses at rammeøkonomien er af en størrelse, der ligger under/over det normale for eksempelvis høje/lave driftsomkostninger. Det vil sige at ønsket om en god anlægsøkonomi udløser en sammenligning i erfaringsdatabasen med anlægssum, bygningstype og volumenform.

### *Eksempel 2*

Materialeforbruget varierer afhængig af bygningsformen, men bygningsformen har også betydning for flere af de øvrige bæredygtighedsparametre. En cylinderform vil fx skabe større afstand til facade og dermed dagslys end stang-formen, og vil sandsynligvis (hvilket de underliggende erfaringsdata vil vise) skabe mere behov for tekniske installationer til kunstig belysning end andre former, der så igen vil forårsage et større energiforbrug.

*Vi ville gerne se et værktøj  
der viser sammenhænge, fx  
mellem volumen og statik-  
valg af konstruktion*

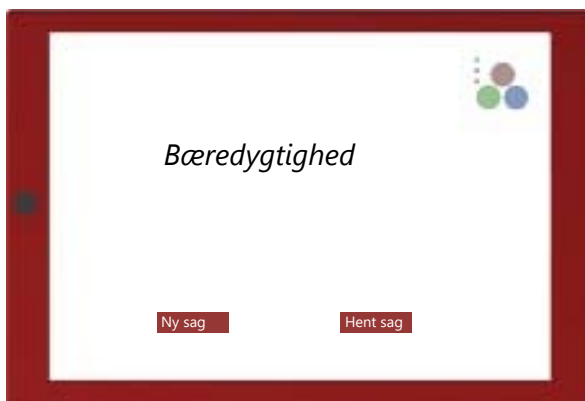
Udsagn fra interviewene

## Systemets brugervenlighed og interaktion

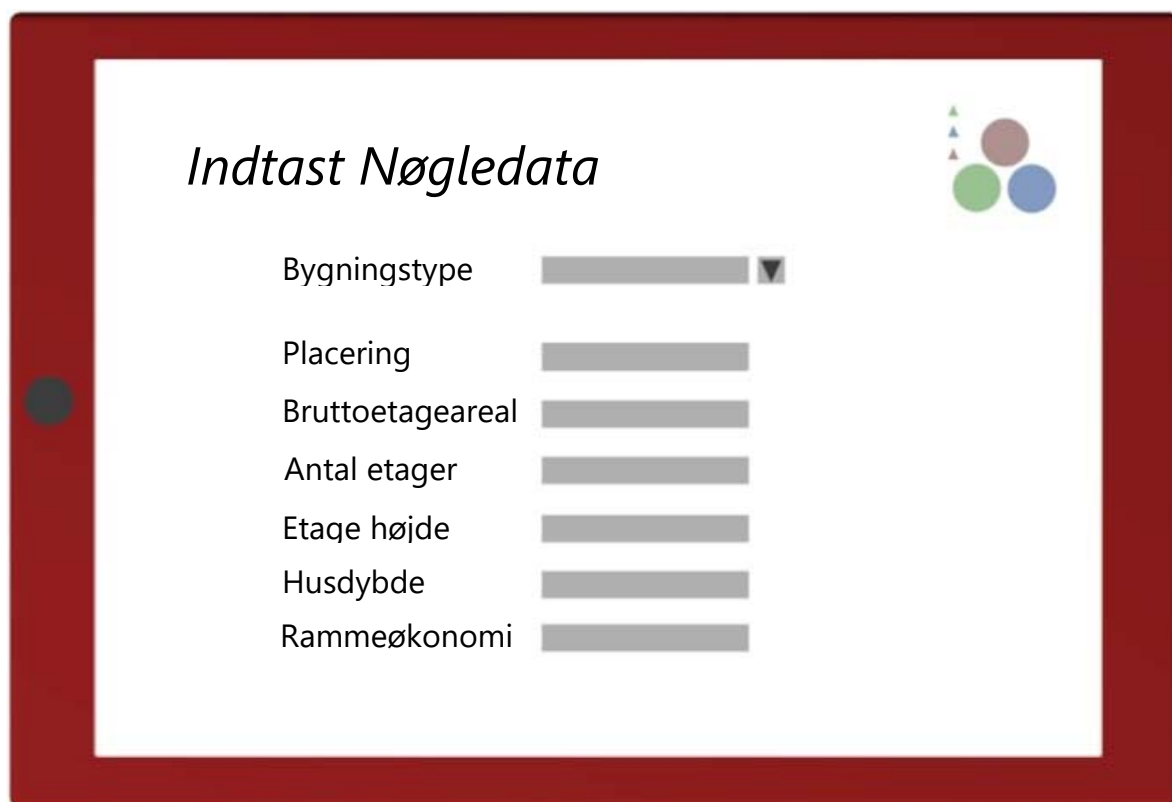
Projektet har valgt at systemet skal være så simpelt som overhoved muligt, for derved at understøtte den interaktive dialog mellem de parter der tager beslutninger om henholdsvis byggeriets nøgledata og dets bæredygtighed. Det ses som støtte til andre designværktøjer i de tidlige faser. Flere af parterne italesætter værdien af analoge værktøjer der kan fremme dialogen mellem de forskellige parter på tværs af et mødebord. Her er det vigtigt at systemet ikke bliver for tungt og låsende for idégenerering. Det skal være hurtigt og lige for hånden.

*Det behøver ikke alt  
sammen være i værktøjet,  
det kan også være i  
vejledning ved siden af...*

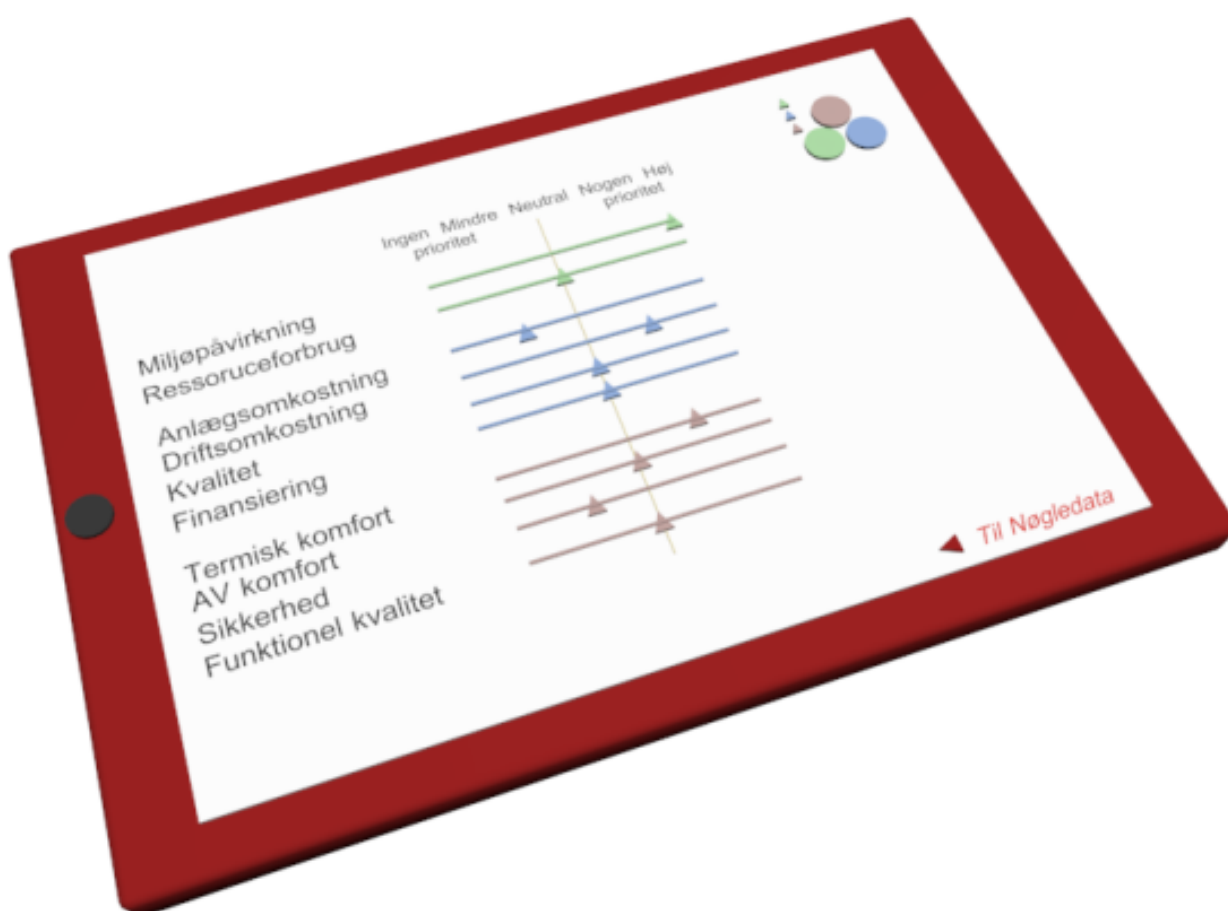
Udsagn fra interviewene



Figur 11. Systemets forside



Figur 12. Systemets første skærbillede hvor projektets nøgledata indtastes



Figur 13. Systemets kerne, hvor parametrene vises i et interaktivt skærbillede

# Metode

Projektets mål har været at skabe et videngrundlag for simplificerede bæredygtighedsberegninger, og udvikle et innovativt værktøjskoncept, som afvejer *datamængden til rådighed og behovet for beregningspræcision* og samtidigt er *brugervenlige og iterativt dialogskabende*.

## Proces

Projektet har været opbygget omkring tre runder af dataindsamling, samt en udviklings- og en formidlingsfase. Efter et par indledende runder på projektet, foregik udviklingen og dataindhentning parallelt, og den opsamlede viden blev bearbejdet hvorved ideen til en konceptuel løsning løbende blev raffineret.

Dataindsamlingen har været fordelt på tre hovedområder, med fokus på henholdsvis rådgivere, udviklere og bygherrer. Sidstnævnte fordi det blev stadig mere tydeligt at grænsefladen til bygherren var et vigtigt område for rådgiverne. Den primære metode har været det kvalitative interview, der er blevet optaget på bånd, hvorefter det indhentede materiale løbende er blevet transskriberet og efterfølgende analyseret i henhold til opgavens opdrag og syntetiseret i artiklerne i denne publikation.

## Kortlægning af relevante værktøjer vedr. datamængde, præcision og indbyrdes samspil og samspil med BIM

Indledningsvis blev der gennemgået 20 it værktøjer og 5 analoge værktøjer. Værktøjerne blev ikke gennemgået på variable- og algoritme niveau, men undersøgelsen var koncentreret om forstå præcisionens betydning for beregningerne.

Angående programmernes indbyrdes samspil blev der primært set på dataformatet, og i de kvalitative interviews blev rådgiverne spurgt ind til programmernes samspil med BIM.

## Designprocessens faser

Designprocessens faser blev kategoriseret efter en skematik visende bæredygtighedsparametrene i de faser hvor de 'beregnes' eller forsøges tacklet. Da bæredygtighedsparametrene imidlertid defineres og forstås relativt forskelligt, både på tværs af fag samt hos den enkelte, blev der fastlagt en rubricering af begrebsapparatet, der pegede frem mod en senere operationalisering.

## Værktøjsanvendelser

Selve værktøjernes anvendelse blev kategoriseret gennem samme skematik som anvendt for faserne, 'hvornår bruges hvad'. Vedrørende samspil mellem værktøjer er det i store træk fundet fraværende, hvilket der kan være tekniske årsager til, men tillige bunder i virksomhedernes interne forretningsgang. Datamængden kan umiddelbart aflæses af de enkelte værktøjers input side. Men her er et interessant fund at den overvejende del af værktøjerne arbejder på komponentniveau, hvilket forudsætter at komponenten skal være kendt, for at kunne afgive en værdi på en given bæredygtighedsparameter. Da projektet har fokus på den tidlige proces opstår behovet for at data (på komponent niveau) er aggregeret til et højere abstraktionsniveau, hvilket løsningen således tager højde for. Virksomhederne er af samme årsag spurgt om deres dataopsamling samt struktureringen heraf.



Figur 14. Fra workshop i december 2017.

